

## 膨張する宇宙 指導資料

### 1 目的

- (1) 観測データから、銀河までの距離と後退速度の関係を調べる。
- (2) 模型から宇宙が膨張していることを実感する。
- (3) 膨張する宇宙を一次元モデルでシミュレーションし、銀河までの距離と後退速度の関係から宇宙が膨張していることを理解する。

### 2 準備するもの

工作用紙、銀河の写真(5枚)、割り箸(5本)、平型ゴム(1.5mを2本)、ノリ、接着剤

### 3 中学校までの既習事項

中学校では、銀河系の恒星は円盤状に集まっていて、太陽系は銀河中心から約3万光年の距離あることなどを学習している。また、銀河系以外に集団があること、宇宙には銀河の集団が多数あることも学習している。

### 4 実習の所要時間

50分程度(模型を事前に用意している場合)

### 5 実習間のつながり

「5-1 太陽系天体の大きさと広がり」で実感した太陽系の広がりと比較して、この実習で扱う宇宙の大きさも実感できるとよい。

### 6 実習上の留意事項

- (1) 実習Aでは、比較的誤差の少ないデータを使ったが、それでもばらつきがある。銀河までの距離や後退速度を求めることの難しさについても触れるとよい。
- (2) 実習Bでは、等間隔に銀河を配置せずにやってみると想像力を刺激する。  
また、片側を固定して一端を引っ張ってみたり、両方から引っ張ってみたり、引っ張る速度を変えてみたり、変化をつけてみることもよい。
- (3) 実習Cの一次元宇宙モデルの膨張を、  
実習Bの模型のゴムひもの伸びと対応させて説明すると理解しやすいだろう。
- (4) [発展]では、正確に計算することより、この方法で宇宙の年齢がおおよそ求められることおよびその結果を強調したい。

### 7 解答・解説

#### A 観測データで確かめる

表1のデータをグラフにすると、図1のようになる。

[問1] 観測結果から、遠い銀河ほど速く遠ざかっていることが分かる。

#### B 模型で実感する

[問2] たとえば、ゴムひもを2倍に伸ばすと、各点間の距離がそれぞれ2倍になる。

[問3] 一つの銀河に注目してゴムひもを伸ばすと、遠い銀河ほど速く遠ざかっている

#### C シミュレーションで理解する

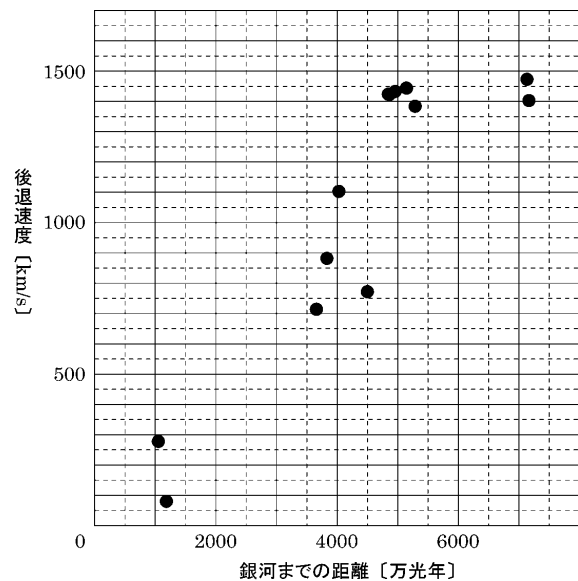


図1 実習Aの結果

(1)の作業結果は、図2の通りである。

[問4] 一次元の膨張宇宙モデルでも、遠い地点(銀河)ほど速く遠ざかっていることが分かる。

(2)の作業結果は、図3の通りである。

[問5] 観測点を変えても、(1)と同じく、遠い地点(銀河)ほど速く遠ざかっている結果になる。

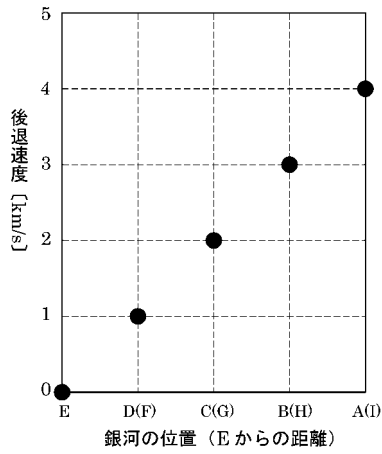


図2 実習C(1)の結果

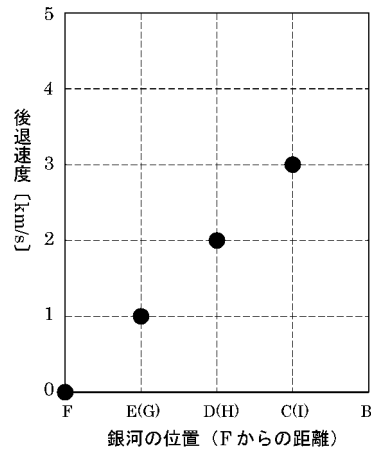


図3 実習C(2)の結果

[発展]

- ① 図2のグラフに、データの間を通り、原点を通る直線を引く(図4)。
- ② ①の直線から、銀河までの距離が6000万光年のときの後退速度は約1300km/sである(図4)。1年間の秒数を  $a[s]$  とすると、このときの後退速度は  $1300 \times a$  [km/年] になる。
- ③ 1光年は光が1年間で進んだ距離である。光の速さを  $300000\text{km/s}$  とすると、1光年は  $300000 \times a$  [km] である。したがって6000万光年は、 $60000000 \times 300000 \times a$  [km] ( $1.8 \times 10^{13} \times a$  [km]) となる。
- ④ ビッグバンが起こってから、等速で膨張している宇宙を考えると、宇宙年齢  $T$ 、速さ  $v$  (②)、距離  $d$  (③) の関係は、 $T = d/v$  である。したがって、 $(1.8 \times 10^{13} \times a$  [km]) /  $(1300 \times a$  [km/年])  $\div 1.4 \times 10^{10}$  [年] (約140億年) と求まる。

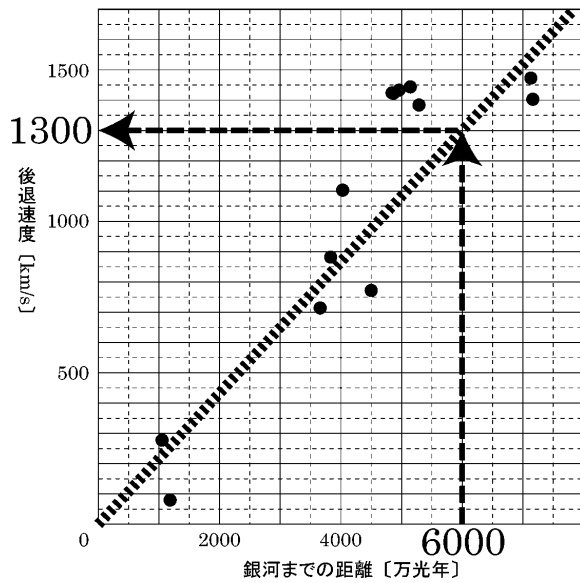


図4 [発展]の結果